

# Rekayasa Algoritma Gravity Location Models Untuk Penentuan Lokasi Lumbung Pangan Masyarakat Kabupaten Minahasa Tenggara

Aldian Umbu Tamu Ama<sup>#1</sup>, Eko Sedyono<sup>\*2</sup>, Adi Setiawan<sup>#3</sup>

<sup>#\*</sup>Magister Sistem Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana

<sup>#</sup>Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana

Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga 50711-Indonesia

<sup>1</sup>aldian.umbu@gmail.com

<sup>2</sup>eko@staff.uksw.edu

<sup>3</sup>adi\_setia\_03@yahoo.com

**Abstract** — Focus of central government program in order to sustain tenacity of food is to align charging of barns of food society. This paper would examine the Gravity Location Model algorithm which is part of the network development strategy of supply chain management to determine the location of a facility (such as warehouse or factory). This algorithm is used theoretically to determine location of food barn in Southeast Minahasa. Determination of location food barn for society using Gravity Location Model is based on the rate of Normative Consumption Ratio per capita in a year. Sample location of 12 districts were taken using GPS and had been adjusted with digital map from Google Map. The result of calculation has get that food barn of society is in North Tombatu district in geographically located at 124° 41' 38.00" east longitude and 1° 2' 28.39" north latitude. Based on division 2 regions for the placement food barn society from 12 district. Alternative location of the first area is Ratahan in geographically located at 124° 47' 46.62" east longitude and 1° 3' 17.71" north latitude, and for the second alternative location area is at Tombatu in geographically located at 124° 41' 3.49" east longitude and 1° 2' 18.33" north latitude.

**Keywords**— Food Security, Gravity Location Model, Normative Consumption Ratio, Supply Chain Management.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan pangan setiap orang merupakan hak paling mendasar yang tidak bisa ditawar. Hal ini tentu saja sangat berkaitan dengan ketahanan pangan suatu daerah untuk mensejahterakan masyarakatnya, karena jika setiap warga mengalami kekurangan bahan makanan, ini akan menjadi bagian dari pelanggaran HAM. Indonesia sendiri memperlakukan penyediaan pangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sebagai prioritas yang utama. UUD 1945 pasal 34 menyebutkan bahwa negara bertanggung jawab di dalam memenuhi kebutuhan dasar, termasuk pangan. Demikian pula di dalam Undang-Undang Pangan Nomor 7 tahun 1996 pasal 1 ayat 17 dikatakan bahwa

ketahanan pangan sebagai kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup baik dalam jumlah, mutu, aman serta merata dan terjangkau [1].

Pemerintah Indonesia terus berupaya dalam menangani masalah ketahanan pangan terutama memperhatikan taraf hidup petani supaya menjadi lebih baik. Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian pada 13 Mei 2014 mengadakan Musrenbangtan 2014 yang dibuka oleh menteri pertanian Suswono, dengan rancangan yang membahas fokus program dan kegiatan ketahanan pangan tahun 2015 [2]. Kegiatan ini bertujuan mewujudkan pemantapan ketahanan pangan masyarakat sampai tingkat perseorangan secara berkelanjutan. Program pemerintah ini berfokus pada enam kegiatan utama yaitu: 1) Percepatan penganeekaragaman konsumsi pangan (P2KP) atau Kawasan rumah pangan lestari (KRPL). 2) Model pengembangan pangan pokok lokal (MP3L). 3) Pengembangan kawasan mandiri pangan. 4) Penguatan lembaga usaha pangan masyarakat (LUPM). 5) Pengembangan lumbung pangan masyarakat. 6) Analisis stabilitas pasokan dan harga pangan di tingkat produsen dan konsumen [3].

Menarik untuk diperhatikan adalah program ke 5, yaitu penyelarasan pengisian lumbung pangan masyarakat. Program tersebut bertujuan yaitu: 1) Meningkatkan volume stok cadangan pangan di kelompok lumbung pangan untuk menjamin akses dan kecukupan pangan bagi anggotanya terutama yang mengalami kerawanan pangan; 2) Meningkatkan kemampuan pengurus dan anggota kelompok dalam pengelolaan cadangan pangan; 3) Meningkatkan fungsi kelembagaan cadangan pangan masyarakat dalam penyediaan pangan secara optimal dan berkelanjutan [3].

Berdasarkan program ke 5 tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis secara teoritis penempatan lumbung pangan masyarakat di daerah Minahasa Tenggara dengan menggunakan algoritma *Gravity Location Model*.

Distribusi yang tidak merata dapat menyebabkan stok produk di suatu daerah akan sangat berlebih, sementara itu di daerah lain menjadi sangat kurang, hal ini akan memicu kurangnya keseimbangan harga produk yang beredar dipasaran. Seperti yang disampaikan Kindangen dalam jurnalnya yang menyebutkan daya konsumsi masyarakat Minahasa Tenggara terhadap pangan olahan dari luar cenderung semakin meningkat, diperkirakan setiap tahun dapat menyedot dana masyarakat mencapai kurang lebih 10–15% anggaran APBD atau sekitar 35-45 milyar rupiah per tahun [4]. Begitu juga bila melihat penelitian Constantina, dengan konsep *neighbors analysis* menggunakan metode *Moran's I* terdapat dua kecamatan di daerah Minahasa Tenggara yang termasuk daerah rawan pangan, yaitu kecamatan Pasan dan Tombantu [5]. Melihat beberapa persoalan yang ada, rumusan masalah yang didapat yaitu bagaimana memberikan solusi kepada pemerintah untuk menangani beberapa hal tersebut. Salah satunya dengan mengembangkan lumbung pangan masyarakat yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat Minahasa Tenggara dan mengatasi masalah rawan pangan. Tujuan dari penelitian ini yaitu menghasilkan informasi lokasi penyimpanan bahan pangan yang efektif dan mudah didistribusikan ke setiap kecamatan yang membutuhkan bahan pangan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Supply Chain Management

*Supply chain management* terdiri dari semua tahapan yang terlibat langsung atau tidak langsung dalam memenuhi permintaan pelanggan. *Supply chain management* mempunyai tujuan menyangkut pertimbangan dalam hal lokasi di setiap fasilitas. Lokasi di setiap fasilitas memiliki dampak terhadap aktivitas dan biaya, dalam rangka memproduksi produk yang diinginkan pelanggan. Proses ini dimulai dari supplier ke pabrik hingga disimpan digudang dan pendistribusiannya ke sentra penjualan. Tujuan lainnya yaitu mencapai efisiensi aktivitas dan biaya seluruh sistem, total biaya sistem dari transportasi hingga distribusi persediaan bahan baku, proses kerja dan barang jadi.

Struktur komponen dari *supply chain* dapat dibagi menjadi tiga *layer* atau lapisan yaitu:

1. *Upstream supply chain*, merupakan lapisan yang terdiri dari rangkaian pemasok mulai dari pemasok tingkat pertama hingga tingkat akhir sebelum ke dalam manufaktur.
2. *Internal supply chain*, merupakan lapisan yang terdiri dari seluruh rangkaian proses yang terjadi pada manufaktur atau organisasi untuk mengubah *input* dari pemasok menjadi *output* yang bernilai.
3. *Downstream supply chain*, merupakan lapisan yang terdiri dari seluruh rangkaian proses untuk melakukan pengiriman produk ke konsumen akhir.

*Customer* sebagai sasaran merupakan penentu utama pola kegiatan yang dilakukan pelaku rantai pasok. Kegiatan para

pelaku ini sangat didasarkan pada kebutuhan (*demand*) yang ada disisi *customer*, maka kegiatan rantai pasok biasanya diidentifikasi secara mundur atau *backward* [6].

Rantai pasokan tidak hanya mencakup produsen dan pemasok tetapi juga gudang, pengecer, dan pelanggan itu sendiri. Menurut Chopra dan Meindl ada enam faktor utama yang menjadi penggerak utama dan penentu performa dari SCM, yaitu:

1. Fasilitas adalah lokasi fisik dalam jaringan rantai pasok yang menjadi tempat untuk perakitan, penyimpanan, ataupun produksi. Fasilitas dikelompokkan menjadi fasilitas produksi dan fasilitas penyimpanan. Beberapa komponen fasilitas yang harus dipertimbangkan antara lain peranan lokasi dan kapasitas.
2. Persediaan terdiri dari persediaan bahan baku, bahan setengah jadi, dan bahan jadi. Persediaan timbul karena adanya perbedaan antara penawaran dan permintaan.
3. *Sourcing* merupakan proses bisnis yang diperlukan untuk mendapatkan barang ataupun jasa yang diperlukan perusahaan.
4. Transportasi berfungsi untuk memindahkan produk antara tahap satu ke tahap lain di sepanjang rantai pasok. Beberapa komponen transportasi yang harus dipertimbangkan antara lain pemilihan rute dan jenis transportasi yang tepat.
5. Informasi adalah penghubung antara berbagai tahapan-tahapan yang ada dalam rantai pasok.
6. Harga menentukan seberapa besar biaya barang dan jasa yang akan disediakan dalam rantai pasokan oleh suatu perusahaan. Harga mempengaruhi perilaku pembeli barang atau jasa sehingga mempengaruhi kinerja rantai pasok.

Keputusan desain jaringan adalah salah satu keputusan dalam rantai pasok yang sangat penting, karena implikasi yang signifikan dan jangka panjang. Merancang sebuah rantai pasok perlu mempertimbangkan bagaimana komponen rantai pasok yaitu fasilitas, transportasi, informasi, sumber dan harga yang digunakan bersama-sama dalam mendukung strategi perusahaan untuk bersaing dan memaksimalkan keuntungan rantai pasok [7].

Penerapan rantai pasok di Indonesia masih mengalami banyak kendala, menurut Sariyun, ada empat faktor yang perlu diperhatikan dalam perbaikan sistem rantai pasok di Indonesia yaitu [6]:

1. Penekanan pada upaya pembangunan dan pemeliharaan setiap rantai dalam SCM, yaitu pembentukan hubungan antar rantai agar lebih spesifik, misalnya pada volume, mutu, distribusi, dan perbaikan kekurangan pada bidang usaha sehingga terbentuk pola yang terpadu dan saling terkait;
2. Pengontrolan terhadap persediaan pasokan yang harus dilakukan sehingga efisien dalam hal biaya, misalnya dalam hal ini jumlah pasokan disesuaikan dengan jumlah produk yang dapat dijual, dan yang

menghasilkan kestabilan persediaan bahan baku sehingga tidak terjadi penumpukan stok yang berakibat pada peningkatan biaya penyimpanan;

3. Penentuan lokasi dan transportasi dalam rantai jaringan dibuat dengan perhitungan dan memperhatikan dampak terhadap biaya persediaan, dalam hal ini akan berpengaruh pada tingkat kepekaan konsumen, oleh karena itu evaluasi terhadap hal ini sangat perlu dilakukan;
4. Pembentukan sistem informasi antara yang bertugas dalam pengumpulan, pengolahan, penyimpanan, dan penyebaran informasi kepada setiap *stakeholder* yang dilandasi dengan kepercayaan, dengan ini akan mendukung kinerja dan produktivitas dari masing masing anggota rantai pasok.

#### B. Ketahanan Pangan

Pengertian pangan sendiri memiliki dimensi yang luas. Mulai dari pangan yang esensial bagi kehidupan manusia yang sehat dan produktif (keseimbangan kalori, karbohidrat, protein, lemak, vitamin, serat, dan zat esensial lain); serta pangan yang dikonsumsi atas kepentingan sosial dan budaya, seperti untuk kesenangan, kebugaran, kecantikan dan sebagainya. Pangan tidak hanya berarti pangan pokok, dan jelas tidak hanya berarti beras, tetapi pangan yang terkait dengan berbagai hal lain. Pangan merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia yang merupakan bagian dari hak asasi manusia (HAM), sebagaimana tertuang dalam Deklarasi HAM Universal (*Universal Declaration of Human Right*) tahun 1948, serta UU No 7 Tahun 1996 tentang Pangan.

Pengertian pangan oleh Suharjo adalah bahan-bahan yang dimakan sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan bagi pemeliharaan, pertumbuhan, kerja, penggantian jaringan dan mengatur proses-proses di dalam tubuh. Selain itu ada pula pengertian yang dimaksud pangan pokok, yaitu bahan pangan yang dimakan secara teratur oleh sekelompok penduduk dalam jumlah cukup besar, untuk menghasilkan sebagian besar sumber energi. Pangan dikonsumsi manusia untuk mendapatkan energi yang berupa tenaga untuk melakukan aktivitas hidup (antara lain bernapas, bekerja, membangun, dan mengganti jaringan yang rusak). Pangan merupakan bahan bakar yang berfungsi sebagai sumber energi [1].

Tambahan mengidentifikasi faktor-faktor utama ketahanan pangan, yaitu [8]:

##### 1. Lahan.

Menurut BPS, pada tahun 2030 kebutuhan beras di Indonesia mencapai 59 juta ton. Karena luas tanam padi tahun 2007 hanya sekitar 11,6 juta hektare, maka untuk mendukung kebutuhan beras tersebut diperlukan tambahan luas tanam baru 11,8 juta hektar. Menurut Badan Pertanahan Nasional, tiap tahun terjadi konversi lahan sawah sebesar 100.000 ha (termasuk 35.000 hektar lahan beririgasi). Masalah lahan pertanian akibat konversi yang tidak bisa

dibendung menjadi tambah serius akibat distribusi lahan yang timpang. Ditambah lagi dengan pertumbuhan penduduk di pedesaan akan hanya menambah jumlah petani gurem atau petani yang tidak memiliki lahan sendiri atau dengan lahan yang sangat kecil yang tidak mungkin menghasilkan produksi yang optimal, akan semakin banyak. Lahan pertanian yang semakin terbatas juga akan menaikkan harga jual atau sewa lahan, sehingga hanya sedikit petani yang mampu membeli atau menyewanya, dan akibatnya, kepincangan dalam distribusi lahan bertambah besar.

##### 2. Infrastruktur

Pembangunan infrastruktur pertanian menjadi syarat penting guna mendukung pertanian yang maju. Irigasi (termasuk waduk sebagai sumber air) merupakan bagian terpenting dari infrastruktur pertanian. Ketersediaan jaringan irigasi yang baik, dalam pengertian tidak hanya kuantitas tetapi juga kualitas, dapat meningkatkan volume produksi dan kualitas komoditas pertanian, terutama tanaman pangan, secara signifikan. Jaringan irigasi yang baik akan mendorong peningkatan indeks pertanaman.

##### 3. Teknologi, keahlian dan wawasan

Ada sejumlah indikator atau semacam *proxy* untuk mengukur tingkat penguasaan teknologi oleh petani, salah satunya adalah pemakaian traktor. Semakin berpendidikan petani-petani di suatu wilayah semakin banyak penggunaan traktor (dan alat-alat pertanian modern lainnya) di wilayah tersebut. Tingkat pengetahuan petani, selain faktor-faktor lain seperti ketersediaan dana, merupakan suatu pendorong penting bagi kelancaran atau keberhasilan dari proses modernisasi pertanian.

##### 4. Energi

Energi sangat penting untuk kegiatan pertanian lewat dua jalur, yakni langsung dan tidak langsung. Jalur langsung adalah energi seperti listrik atau bahan bakar minyak (BBM) yang digunakan oleh petani dalam kegiatan bertani, misalnya dalam menggunakan traktor. Sedangkan lewat jalur tidak langsung adalah energi yang digunakan oleh pabrik pupuk dan pabrik yang membuat input-input lainnya dan alat-alat transportasi dan komunikasi.

##### 5. Dana

Penyebab lainnya yang membuat rapuhnya ketahanan pangan di Indonesia adalah keterbatasan dana. Diantara sektor-sektor ekonomi, pertanian yang selalu paling sedikit mendapat kredit dari perbankan (dan juga dana investasi) di Indonesia. Bahkan kekurangan modal juga menjadi penyebab banyak petani tidak mempunyai mesin giling sendiri, padahal jika petani punya mesin sendiri, berarti rantai distribusi tambah pendek yang berarti juga kesempatan lebih besar bagi petani untuk mendapatkan lebih banyak penghasilan.

##### 6. Lingkungan fisik/iklim

Pertanian pangan merupakan sektor yang paling rentan terkena dampak perubahan iklim, khususnya yang mengakibatkan musim kering berkepanjangan, mengingat pertanian pangan di Indonesia masih sangat mengandalkan pada pertanian sawah yang berarti sangat memerlukan air yang tidak sedikit.

#### 7. Relasi kerja

Relasi kerja akan menentukan proporsi nisbah ekonomi yang akan dibagi kepada para pelaku ekonomi di pedesaan, dalam kata lain, pola relasi kerja yang ada di sektor pertanian akan sangat menentukan apakah petani akan menikmati atau tidak hasil pertaniannya. Salahsatu indikator atau *proxy* yang dapat digunakan untuk mengukur hasil yang dinikmati oleh petani adalah nilai tukar petani, yang diperoleh dari perbandingan indeks harga yang diterima petani terhadap indeks harga yang dibayar petani.

#### 8. Ketersediaan input lainnya

Keterbatasan pupuk dan harganya yang terus meningkat merupakan hambatan serius bagi pertumbuhan pertanian di Indonesia dalam beberapa tahun belakangan ini dilihat dari ketersediaan input lainnya. Implementasi dilapangan oleh pemerintah selama ini kelihatan kurang konsisten dalam usahanya memenuhi pupuk bersubsidi bagi petani agar ketahanan pangan tidak terganggu. Tanpa ketersediaan sarana produksi pertanian, termasuk pupuk dalam jumlah memadai dan dengan kualitas baik dan relatif murah, sulit diharapkan petani, yang pada umumnya miskin, akan mampu meningkatkan produksi komoditas pertanian

### C. Gravity Location Model

Metode *Gravity Location Model* sendiri merupakan bagian dari strategi pengembangan jaringan *Supply Chain Management* yang digunakan untuk menentukan lokasi suatu fasilitas (misalnya gudang atau pabrik) yang menjadi penghubung antara sumber-sumber pasokan dan beberapa lokasi seperti pasar [9]. Model gravitasi sangat berkembang untuk mendukung perusahaan multi nasional dalam pengembangan transfer barang yang dimiliki, itu karena keunggulannya dalam analisis biaya transfer yang bisa dikurangi [10]. Pada perkembangannya dasar-dasar teoritis gravitasi dalam praktek telah menyebabkan estimasi yang lebih kaya dan lebih akurat dan interpretasi lingkup spasial yang dijelaskan oleh gravitasi [11]. *Gravity location model* didasarkan pada pemilihan koordinat titik suatu pusat distribusi yang memberikan jarak total terpendek terhadap keseluruhan pusat zona produksi yang harus dipasok. Model ini menggunakan beberapa asumsi, yaitu: 1) Ongkos-ongkos transportasi diasumsikan naik sebanding dengan volume yang dipindahkan. 2) Baik sumber-sumber pasokan

maupun lokasi produksi bisa ditentukan lokasinya pada suatu peta dengan koordinat X dan Y yang jelas [9].

Perhitungan koordinat lokasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$x = \frac{\sum_i V_i X_i}{\sum_i V_i}$$

$$y = \frac{\sum_i V_i Y_i}{\sum_i V_i} \quad (1)$$

$x$  = Merupakan koordinat lokasi pada sumbu x,

$y$  = Merupakan koordinat lokasi pada sumbu y,

$V_i$  = Total kelebihan produksi padi dari setiap kecamatan.

Proses perhitungan jarak antara dua lokasi pada model ini yang dihitung sebagai jarak geometris antara dua lokasi menggunakan formula berikut:

$$F_n = \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2} \quad (2)$$

dengan  $(x_n; y_n)$  adalah kandidat koordinat tiap-tiap

kecamatan di daerah tertentu dan  $(x,y)$  adalah fasilitas (dalam hal ini lumbung pangan masyarakat) yang dipertimbangkan.

Tujuan dari model ini adalah mendapatkan lokasi fasilitas yang meminimumkan total ongkos-ongkos pengiriman yang bisa diformulasikan sebagai berikut [12]:

$$TC = \sum_{n=1}^k d_n D_n F_n \quad (3)$$

$d_n$  = Ongkos transportasi per unit beban per kilometer antara kandidat lokasi fasilitas dengan lokasi sumber pasokan,

$D_n$  = Beban yang akan dipindahkan antara fasilitas dengan sumber pasokan atau lokasi lumbung,

$F_n$  = Jarak antara lokasi fasilitas dengan sumber pasokan atau lumbung ke- $n$ .

### III. PENELITIAN TERKAIT

Beberapa studi kasus yang mengkaji tentang prinsip distribusi seperti penentuan lokasi gudang atau pabrik telah banyak dilakukan. Selain itu banyak penelitian yang menggunakan algoritma *Gravity Location Model* dalam menentukan suatu lokasi.

#### A. Rule-based group decision model for warehouse evaluation under interval-valued Intuitionistic fuzzy environments

Penelitian Chai dkk menggunakan pendekatan atau model yang lain dalam penentuan lokasi gudang. Proses pertama yaitu dengan menggunakan metode *fuzzy*, ketika sudah mendapatkan hasil berupa lokasi-lokasi alternatif, mereka membuat beberapa grup orang-orang yang ahli dalam proses pengambilan keputusan dan melakukan evaluasi yang subjektif untuk mendapatkan keputusan penentuan lokasi gudang yang baru [13].



#### B. Metode Gravity Location Models Dalam Penentuan Lokasi Cabang Yang Optimal Di PT. ABC

Penelitian ini dilakukan oleh Elly Wuryaningsih dengan menggunakan algoritma *Gravity Location* untuk menentukan lokasi gudang lokal PT.ABC [14]. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung beberapa gudang lokal di daerah Depok, Kalasan, Berbah, Ngaglik, Ngemplak dan Cangkringan. Hasil yang diperoleh yaitu koordinat lokasi gudang lokal yang optimal berada di daerah Ngemplak.

#### C. Using gravity models for the evaluation of new university site locations: A case study

Penelitian ini dilakukan oleh Guiseppe Bruno dan Gennaro Improta. Penelitian ini menerapkan algoritma *Gravity Location Model* dalam memutuskan lokasi optimal dari lokasi baru fasilitas sebuah universitas dengan melihat perilaku konsumen yaitu para mahasiswa [15]. Penelitian ini melanjutkan riset dari Universitas Naples Federico II yang meramalkan penyebaran mahasiswa berdasarkan lokasi fasilitas dari Fakultas Teknik. Studi kasus yang dilakukan berfokus pada masalah lokasi dari Universitas Teknik di wilayah Campania Italy dengan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pendekatan *Gravity Location Model* dapat digunakan untuk mengevaluasi efek dari kehadiran lokasi baru pada distribusi permintaan di masa mendatang.

#### D. Penentuan Alternatif Lokasi Gudang Akhir Rumput Laut Dengan Metode Center Of Gravity Dan Point Rating (Studi Kasus Di Kabupaten Seram Bagian Barat)

Penelitian ini dilakukan oleh Daniel Bunga Paillin dan Melkias Thony Dasfordate [12]. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi gudang akhir rumput laut yang optimal. Untuk menentukan lokasi gudang akhir tersebut ada dua metode pemilihan yaitu metode *Center of Gravity* dan metode *Point Rating* dimana diaplikasikan pada metode *Analtical Hierarchy Process* dengan pendekatan *Skala Rating Liberatore*. Penelitian ini menyeleksi 3 lokasi potensial yaitu pada Dusun Airpessy, Dusun Wael, dan Dusun Kotania. Hasil perhitungan menunjukkan kedua metode merekomendasikan lokasi optimal yang sama yaitu Dusun Airpessy.

#### E. Stochastic gravity models for modeling lake invasions

Penelitian ini dilakukan oleh Alex Potatov dkk [16]. Penelitian ini menerapkan *Stochastic Gravity Model* dalam ekologi, dimana melihat pengaruh aktivitas yang terjadi pada danau Ontario di Amerika Utara. Penelitian ini berfokus pada penyebaran *Bythotrephes* (Kutu air) di danau Ontario, Amerika Utara berdasarkan pola aktivitas yang terjadi. Hasil yang diperoleh yaitu penggabungan metode survey dan pengumpulan informasi yang ada dapat memperluas pengembangan metode *Stochastic Gravity Model* dalam mengelompokkan penyebaran *Bythotrephes*.

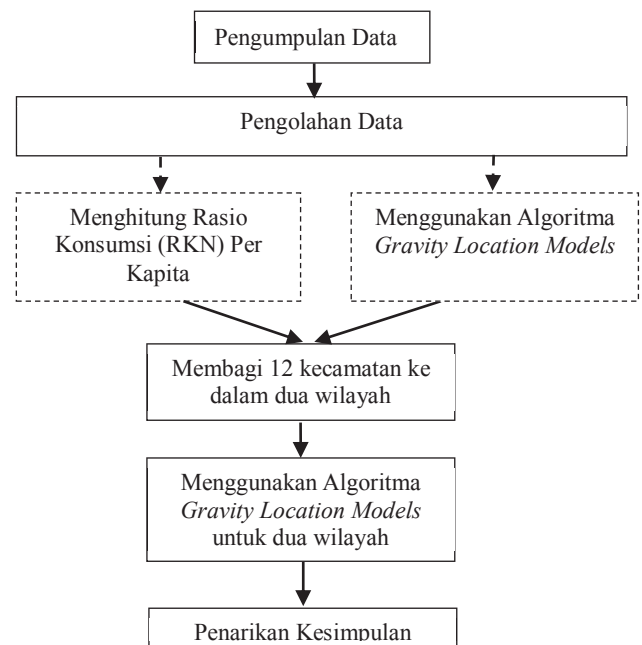
#### F. Optimal Location of Base Station in a Wireless Sensor Network Using Gravity Location Model

Penelitian ini dilakukan oleh P.Parthiban dan G.Sundararaj dalam menentukan basis lokasi dari *Wireless Sensor Networks (WSNs)* yang dapat bekerja secara maksimal [17]. Penelitian ini menggunakan algoritma *Gravity Locatin Model* dalam menentukan lokasi optimal WSNs dengan memperhatikan kinerja jaringan dan topologi jaringan yang dibangun. Model gravitasi digunakan untuk menemukan lokasi yang meminimalkan energi transmisi data dari sensor node ke base station. Hasil yang diperoleh yaitu perhitungan dua puluh node sensor dengan menggunakan algoritma gravity menghasilkan lokasi optimal base station.

### IV. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

#### A. Metode Analisis Data



Gambar 1. Bagan Metode Penelitian

#### B. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dibagi kedalam dua bagian yaitu sumber data data dan pengumpulan data. Sumber data yang dibutuhkan adalah data primer dan data sekunder. Data Primer dikumpulkan melalui metode survei dengan mengunjungi 24 titik sampel pada 12 Kecamatan di Kabupaten Minahasa Tenggara, dan wawancara dengan kepala-kepala Dinas Pertanian, Dinas Ketahanan Pangan dan distributor beras di kabupaten Minahasa Tenggara. Sedangkan data sekunder diperoleh

dari BPS, dinas pertanian dan berbagai dokumen pendukung yang didapat dari internet [18].

Pengumpulan data dilakukan dengan cara menentukan lokasi sampel dari koordinat lokasi 12 kecamatan, masing-masing kecamatan diambil 2 titik sampel dari *google map* untuk daerah Minahasa Tenggara. Survei dilakukan dengan mengunjungi titik-titik sampel dan instansi-instansi yang disebutkan diatas, sekaligus mencari jalur distribusi (transportasi yang ada di daerah Minahasa Tenggara).

Data hasil produksi padi setiap kecamatan, jumlah penduduk setiap kecamatan, dan kebutuhan padi setiap kecamatan dalam setahun dihitung untuk mendapatkan hasil ketersediaan pangan yang dimiliki untuk setiap kecamatan. Hasil yang diperoleh menjadi patokan angka Rasio Konsumsi Normatif (RKN) Per Kapita. Proses perhitungan RKN dilakukan untuk mengetahui kebutuhan beras 12 kecamatan dan hasil produksi padi yang lebih dalam setahun. Penentuan lokasi alternatif lumbung pangan masyarakat didapat dengan menggunakan algoritma Gravity Location Model yang didasarkan pada koordinat 12 kecamatan yang ada. Setelah menghitung lumbung pangan masyarakat untuk 12 kecamatan kemudian lokasi 12 kecamatan dibagi kedalam dua wilayah sesuai dengan peta rancangan pusat layanan kabupaten Minahasa Tenggara. Hal ini dilakukan untuk menentukan lumbung pangan masyarakat berdasarkan jalur transportasi yang ada di daerah Minahasa Tenggara.

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Menghitung Rasio Konsumsi (RKN) Per Kapita

Data dari Dinas ketahanan pangan pada tahun 2012 untuk hasil produksi padi di daerah Minahasa Tenggara, jika dihitung ketersediaan pangan yang dimiliki maka hasil produksi yang didapat bisa ditampung dalam lumbung pangan masyarakat. Berikut contoh perhitungan ketersediaan pangan untuk daerah Kabupaten Minahasa Tenggara:

$$Y(\text{gr}) = \frac{\text{produksi (ton)} * 1000000}{\text{jumlah Penduduk} * 360}$$

$$\text{Dan } Z = 300 / Y(\text{gr})$$

Produksi = Jumlah produksi padi

Y = Ketersediaan bersih sereal/pokok perkapita per hari,

Z = Konsumsi normatif perkapita (RKN).

Pengkategorian Rasio Konsumsi Normatif (RKN) Per Kapita adalah sebagai berikut [19]:

$Z \geq 1,50$  = defisit tinggi,  
 $1,25 \leq Z < 1,50$  = defisit sedang,  
 $1,00 \leq Z < 1,25$  = defisit rendah,  
 $0,75 \leq Z < 1,00$  = surplus rendah,  
 $0,50 \leq Z < 0,75$  = surplus sedang,  
 $Z < 0,50$  = surplus tinggi.

Berdasarkan Tabel I, hanya daerah Ratatotok yang mengalami defisit tinggi dengan angka RKN mencapai 4.77

dan daerah lain mengalami surplus sedang dan tinggi, ini berarti rata-rata 11 kecamatan bisa memenuhi kebutuhan konsumsi beras dalam setahun

TABEL I  
HASIL ANALISIS PERHITUNGAN RKN

KECAMATAN AN	Padi Sawah	Padi Ladang	Jml Pend	Kebutuhan Padi (ton/thn)	RKN Thn 2012
Ratatotok	209	71	12374	1355	4.77
Pusomaen	2926	44	8425	923	0.31
Belang	3877	28	15976	1749	0.44
Ratahan	5464	8	12568	1376	0.25
Pasan	3079	20	682	75	0.02
Ratahan Timur	788	34	5717	626	0.75
Tombatu	9728	71	9363	1025	0.10
Tombatu Timur	8383	44	8754	959	0.11
Tombatu Utara	4628	0	8027	879	0.19
Touluaan	1553	15	6315	691	0.44
Touluaan Selatan	257	316	4142	454	0.78
Silian Raya	1816	0	5235	573	0.31

Persoalan yang perlu dilihat adalah seberapa banyak produksi padi yang bisa ditampung dalam lumbung pangan masyarakat. Menurut Natawidjaya berdasarkan proporsinya, 46% produk petani dijual ke bandar, kemudian 40% dijual ke pedagang pengumpul dan sisanya ke pembeli lain. Akan tetapi seluruh produk dari pedagang pengumpul dijual ke Bandar, padahal antara pedagang pengumpul, bandar dan petani umumnya masih berada dalam satu wilayah. Dari bandar sebagian besar produk dijual ke pasar tradisional (74%), kemudian ke pemasok pasar swalayan (9%), pedagang antar pulau (9%), industri (5%) dan sisanya ke pasar lain. Melihat peran bandar yang penting maka pemerintah perlu mengambil alih peran ini sehingga bisa memperoleh 86% hasil produksi petani untuk dikelola dalam lumbung pangan masyarakat [20].

### B. Menghitung Menggunakan Algoritma Gravity Location Models

TABEL II  
DATA PERHITUNGAN 12 KECAMATAN

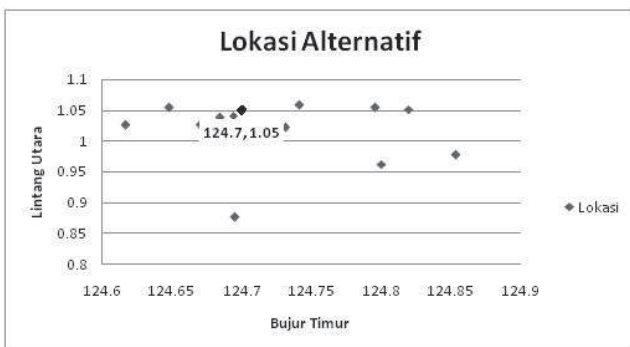
KECAMATAN	X	Y	Dn (beban/ton)
Ratatotok	0.876	124.695	-1075
Pusomaen	0.978	124.854	2047
Belang	0.962	124.800	2156
Ratahan	1.054	124.796	4096
Pasan	1.058	124.741	3024
Ratahan Timur	1.051	124.820	196
Tombatu	1.038	124.684	8774
Tombatu Timur	1.022	124.731	7468
Tombatu Utara	1.041	124.693	3749
Touluaan	1.053	124.648	876
Touluaan Selatan	1.025	124.616	120
Silian Raya	1.0257	124.6699	1243

Melihat Tabel II, kolom X dan Y merupakan koordinat lokasi untuk setiap kecamatan, kolom  $D_n$  merupakan beban produksi padi yang lebih dalam ton dan merupakan hasil dari perhitungan RKN selama setahun, sedangkan untuk nilai  $d_n$  merupakan biaya transportasi yang di asumsikan sama untuk setiap kecamatan dengan diberi nilai 1. Penentuan lokasi lumbung padi di tentukan berdasarkan lokasi dengan biaya transportasi yang rendah, penentuan ini dilakukan dengan menggunakan rumus (1) (2) (3) dimana proses perhitungan  $X$  menggunakan koordinat terkecil  $X$  dan untuk  $X_n$  akan dimasukkan dalam bentuk matrix [12][17]. Hasil yang dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III  
HASIL PERHITUNGAN MATRIKS LOKASI ALTERNATIF

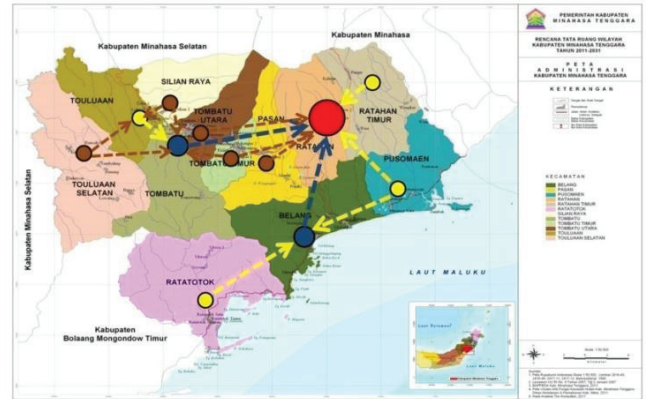
Koordinat	124.6	124.65	124.7	124.75	124.8	124.85	124.9
1.1	5341	4014	3225	3243	3975	5196	6655
1.05	4740	3095	1994	2168	3092	4556	6158
1	4822	3298	2312	2357	3226	4529	6130
0.95	5504	4268	3520	3464	4032	5155	6607
0.9	6555	5536	4931	4886	5354	6267	7499
0.85	7835	6985	6495	6461	6848	7604	8651
0.8	9262	8552	8156	8119	8435	9070	9970

Berdasarkan Tabel III, hasil terkecil yang diperoleh berada pada kolom ketiga dan baris kedua pada matriks perhitungan dan matriks pembagian kolom peta, maka nilai terkecil tersebut berada pada lokasi geografis  $124^{\circ} 41' 38.00''$  BT dan  $1^{\circ} 2' 28.39''$  LU. Menurut perhitungan koordinat lokasi menggunakan rumus (1), hasil yang diperoleh dari perhitungan koordinat lokasi yaitu  $x = 1.252$  dan  $y = 124.729$  dimana lokasi yang berdekatan dengan koordinat tersebut yaitu kecamatan Tombatu Utara. Hasil perhitungan Tabel III dan menurut perhitungan kordinat lokasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Koordinat lokasi alternatif dari 12 kecamatan

Perhitungan ini belum dibagi kedalam dua wilayah menurut peta rencana pusat-pusat kegiatan di kabupaten Minahasa Tenggara. Peta yang ada dapat menjadi patokan karena disesuaikan dengan jalur transportasi yang ada. Berdasarkan Gambar 3 pembagian wilayah untuk menempatkan lumbung padi masyarakat dibagi kedalam dua bagian [21].



Gambar 3. Peta rancangan pusat layanan

Daerah Ratatotok, Belang, Pusomaen, Ratahan dan Ratahan timur digabung menjadi satu wilayah, sedangkan daerah Touluaan selatan, Touluaan, Tombatu, Tombatu timur, Tombatu utara, Silian raya dan Pasan menjadi satu wilayah tersendiri. Tabel IV menunjukkan data untuk perhitungan wilayah pertama.

TABEL IV  
DATA PERHITUNGAN WILAYAH PERTAMA

KECAMATAN	X	Y	Dn (beban/ton)
Ratatotok	0.876	124.695	-1075
Pusomaen	0.978	124.854	2047
Belang	0.962	124.800	2156
Ratahan	1.054	124.796	4096
Pasan	1.058	124.741	3024
Ratahan Timur	1.051	124.820	196

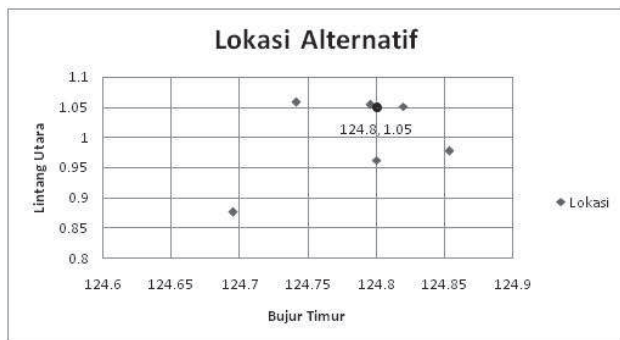
Berdasarkan pembagian dua wilayah tersebut akan dilakukan perhitungan lokasi alternatif untuk wilayah pertama. Hasil perhitungan berdasarkan data dari Tabel IV dengan menggunakan algoritma *Gravity Location Model* menghasilkan matriks koordinat lokasi dengan angka terendah yang menunjukan lokasi alternatif untuk wilayah pertama. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V  
HASIL PERHITUNGAN MATRIKS WILAYAH PERTAMA

Koordinat	124.6	124.65	124.7	124.75	124.8	124.85	124.9
1.1	2677	2137	1648	1302	1249	1508	1937
1.05	2500	1921	1368	912	800	1172	1671

<b>I</b>	2471	1898	1378	988	861	1092	1601
<b>0.95</b>	2583	2044	1582	1253	1111	1319	1770
<b>0.9</b>	2820	2323	1913	1677	1619	1782	2135
<b>0.85</b>	3166	2725	2379	2201	2176	2313	2598
<b>0.8</b>	3596	3219	2938	2784	2765	2880	3117

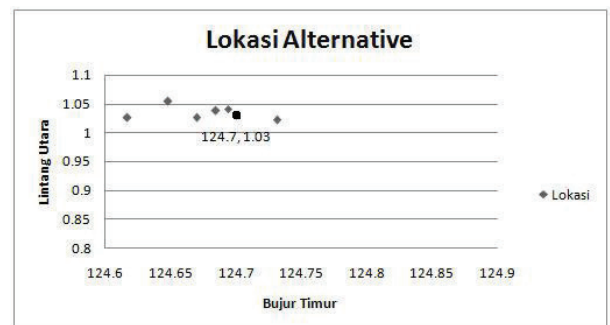
Hasil terkecil yang diperoleh berada pada lintang 124.8 dan bujur 1.05 yang secara geografis terletak pada  $124^{\circ} 47' 46.62''$  BT dan  $1^{\circ} 3' 17.71''$  LU. Menurut perhitungan koordinat lokasi menggunakan rumus (1), hasil yang diperoleh dari perhitungan koordinat lokasi yaitu  $x = 1.011$  dan  $y = 124.784$  dan seperti dinyatakan pada Gambar 4. Dilihat pada keadaan sebenarnya maka lokasi yang berdekatan dengan koordinat tersebut adalah kecamatan Ratahan.



Gambar 4. Koordinat lokasi alternatif wilayah pertama

<b>1.1</b>	2664	1878	1577	1942	2727	3688	4718
<b>1.05</b>	2240	1174	626	1256	2291	3384	4487
<b>1</b>	2352	1400	934	1370	2365	3437	4529
<b>0.95</b>	2921	2224	1937	2211	2921	3836	4837
<b>0.9</b>	3734	3213	3018	3209	3735	4485	5364
<b>0.85</b>	4669	4260	4115	4260	4672	5290	6053
<b>7</b>	5666	5334	5218	5335	5670	6190	6853

Berdasarkan Tabel VII, hasil terkecil yang diperoleh berada pada  $124^{\circ} 41' 3.49''$  BT dan  $1^{\circ} 2' 18.33''$  LU. Menurut perhitungan koordinat lokasi menggunakan rumus (1), hasil yang diperoleh dari perhitungan koordinat lokasi yaitu  $x = 1.032$  dan  $y = 124.698$  dan seperti dinyatakan pada Gambar 5. Dilihat dan setelah dikonfirmasi keadaan sebenarnya maka lokasi yang berdekatan dengan koordinat tersebut adalah kecamatan Tombatu.



Gambar 5. Koordinat lokasi alternatif wilayah kedua

Setelah mendapatkan lokasi alternatif untuk wilayah pertama maka akan dilanjutkan dengan menghitung lokasi alternatif wilayah kedua yang telah dibagi ke dalam Tabel VI.

TABEL VI  
DATA PERHITUNGAN WILAYAH KEDUA

KECAMATAN	X	Y	Dn (beban/ton)
Tombatu	1.038	124.684	8774
Tombatu Timur	1.022	124.731	7468
Tombatu Utara	1.041	124.693	3749
Touluaan	1.053	124.648	876
Touluaan Selatan	1.025	124.616	120
Silian Raya	1.025	124.669	1243

Hasil perhitungan dari Tabel VI dengan menggunakan *Gravity Location Model* menghasilkan matriks koordinat lokasi dengan angka terendah yang menunjukan lokasi alternatif untuk wilayah yang kedua. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel VII sebagai berikut:

TABEL VII  
HASIL PERHITUNGAN MATRIKS WILAYAH KEDUA

Koor dinat	124.6	124.65	124.7	124.75	124.8	124.85	124.9
---------------	-------	--------	-------	--------	-------	--------	-------

## VI. SIMPULAN

Hasil perhitungan dengan menggunakan algoritma *Gravity Location Model* untuk menentukan lokasi alternatif lumbung pangan masyarakat berdasarkan koordinat 12 kecamatan berada pada kecamatan Tombatu Utara yang secara geografis terletak pada  $124^{\circ} 41' 38.00''$  BT dan  $1^{\circ} 2' 28.39''$  LU.

Berdasarkan pembagian dua wilayah yang ada maka wilayah satu yaitu kecamatan Ratahan yang secara geografis terletak pada  $124^{\circ} 47' 46.62''$  BT dan  $1^{\circ} 3' 17.71''$  LU, dan untuk wilayah kedua yaitu kecamatan Tombatu yang secara geografis terletak pada  $124^{\circ} 41' 3.49''$  BT dan  $1^{\circ} 2' 18.33''$  LU.

Hasil analisis dengan menggunakan algoritma *Gravity Location Model* ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah dalam menentukan lumbung pangan masyarakat. Penelitian lanjutan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi distribusi pangan berdasarkan kondisi jalan, jarak tempuh, tengkulak yang menguasai jalur distribusi, dan indikator lainnya adalah dengan menerapkan metode *Fuzzy Vehicle Routing Problem*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dirjen DIKTI atas pendanaan yang diberikan melalui hibah penelitian Tim Pascasarjana tahun anggaran 2013-2014.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. B. F. Pasaribu, "Ketahanan pangan nasional." Available: [http://rowland\\_pasaribu.staff.gunadarma.ac.id](http://rowland_pasaribu.staff.gunadarma.ac.id). [Accessed: 02-Apr-2015].
- [2] Harzi, Cahyani, dan D. Gani, "Indonesian Agricultural Development Planning Meeting 2014 was Opened," *Selasa, 13 Mei*, 2014. Available: <http://berita2bahasa.com/berita/08/14541305-musrenbangtan-2014-dibuka-mentan-suswono>. [Accessed: 02-Apr-2015].
- [3] Badan Ketahanan pangan kementerian pertanian, "Fokus Program dan Kegiatan Ketahanan Pangan TA.2015," in *Fokus Program dan Kegiatan Ketahanan Pangan TA.2015*, 2014.
- [4] J. G. Kindangen, "Prospek pengembangan agroindustri pangan dalam meningkatkan pendapatan masyarakat tani di kabupaten minahasa tenggara," *Seminar Reg. Inovasi Teknologi Pertanian, mendukung Program Pembangunan Pertanian Propinsi Sulawesi Utara*, pp. 390–402, 2012.
- a. W. P. Constantina, A. Setiawan, dan E. Sedyono, "Identifikasi Pola Spasial Daerah Rawan Pangan Di Kabupaten Minahasa Tenggara Menggunakan Moran'S I," *Prosiding SNTI 2013*, vol. 10, no. 1, pp. 33–41, 2013.
- [5] S. N. Anwar, "Manajemen Rantai Pasokan (Supply Chain Management): Konsep Dan Hakikat," *Jurnal Dinamika Informatika.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–7, 2011.
- [6] S. Chopra dan P. Meindl, *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation*, Third Edit. New Jersey: Pearson Education, Inc, 2007.
- [7] T. T. H. Tambunan, "Role of Agriculture in Poverty Reduction. Some Evidence from Indonesia," *Indian Econ. J.*, vol. 55, no. 2, 2007.
- [8] M. M. Achlaq, "Merancang Jaringan Supply Chain," 2012.
- [9] W. Keller dan S. R. Yeaple, "Gravity in the Weightless Economy," 2009.
- [10] J. E. Anderson, "A Theoretical Foundation for the Gravity Equation," *Am. Econ. Assoc.*, vol. 69, no. 1, pp. 106–116, 2012.
- [11] M. T. Dasfordate, "Penentuan Alternatif Lokasi Gudang Akhir Rumpun Laut Dengan Metode Center Of Gravity Dan Point Rating (Studi Kasus Di Kabupaten Seram Bagian Barat)," *ARIKA*, vol. 06, no. 2, pp. 115–124, 2012.
- [12] J. Chai, J. N. K. Liu, dan Z. Xu, "A rule-based group decision model for warehouse evaluation under interval-valued Intuitionistic fuzzy environments," *ELSEVIER*, vol. 40, no. 6, pp. 1959–1970, 2013.
- [13] E. W. Yunitasari, "Metode Gravity Location Models Dalam Penentuan Lokasi Cabang Yang Optimal Di PT. ABC," *Tekinfo -- Jurnal Ilm. Tek. Ind. dan Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 75–82, 2015.
- [14] G. Bruno dan G. Improtta, "Using gravity models for the evaluation of new university site locations: A case study," *ELSEVIER*, vol. 35, no. 2, pp. 436–444, 2008.
- a. Potapov, J. R. Muirhead, S. R. Lele, dan M. a. Lewis, "Stochastic gravity models for modeling lake invasions," *ELSEVIER*, vol. 222, no. 4, pp. 964–972, 2011.
- [15] P. Parthiban dan G. Sundararaj, "Optimal Location of Base Station in a Wireless Sensor Network Using Gravity Location Model," *Int. J. Eng. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 11, pp. 3147–3151, 2013.
- [16] Dinas Ketahanan Pangan, "Data Konsumsi Pangan Dan Olahan Industri Rumah Tangga," 2013.
- [17] Kementerian Pertanian, "Sistem Kewaspadaan Pangan dan Gizi Tingkat Kabupaten/Kota," Jakarta, 2014.
- [18] R. Natawidjaya, T. Reardon, dan S. Shetty, "Horticultural Producers and Pasar swalayan Development in Indonesia," in *The World Bank's Rural Development*, 2007.
- [19] "Gambaran Umum Wilayah Minahasa Tenggara." p. 16, 2012.